

## DialogIP

A\

## SEMICONDUCTOR DEVICE

Publication Number: 10-022428 (JP 10022428 A) , January 23, 1998

## Inventors:

- KUWABARA HEIKICHI
- SUZUKI ATSUSHI
- YAMAMURA HIROHISA
- HACHIMAN KOICHI
- FUJIEDA NOBUO

## Applicants

- HITACHI LTD (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

Application Number: 08-168923 (JP 96168923) , June 28, 1996

## International Class (IPC Edition 6):

- H01L-023/473

## JAPIO Class:

- 42.2 (ELECTRONICS--- Solid State Components)
- 14.2 (ORGANIC CHEMISTRY--- High Polymer Molecular Compounds)

## JAPIO Keywords:

- R058 (MACHINERY--- Heating Pipes)

## Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To maintain a semiconductor chip at a low temperature, in a semiconductor device in which coefficients of linear expansion of an insulating layer and a module board are set to values proximate to that of silicon constituting the semiconductor chip.

**SOLUTION:** A refrigerant chamber 11 is provided directly in contact with a surface of a module board 6 opposite to a surface where a semiconductor chip (IGBT element 2) is arranged. A nozzle 18 for feeding a refrigerant into the refrigerant chamber 11 is provided. The nozzle 18 is arranged at a position such that a refrigerant flow ejected from the nozzle 18 reaches a portion on the back side of the module board 6 at the portion where the semiconductor chip (IGBT element 2) is arranged.

## JAPIO

© 2002 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

Dialog® File Number 347 Accession Number 5739328

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-22428

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 23/473

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 23/46

技術表示箇所

Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-168923

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月28日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 桑原 平吉

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 鈴木 敦

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 山村 博久

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株

式会社日立製作所自動車機器事業部内

(74) 代理人 弁理士 鶴沼 辰之

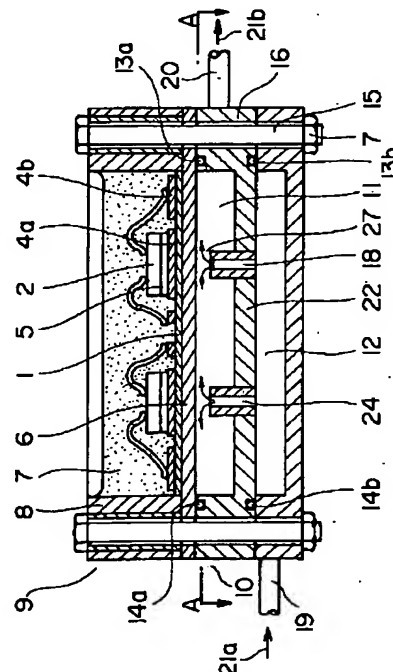
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 絶縁層、モジュール基板の線膨張係数を半導体チップを構成するシリコンに近い値とした半導体装置において、半導体チップの温度を低く保つ。

【解決手段】 モジュール基板6の半導体チップ (IGBT素子2) が配置されている側の面の反対側の面に直接接する冷媒室11を設け、この冷媒室11に冷媒を導入するノズル18を設け、ノズル18から噴出する冷媒流が、モジュール基板6の半導体チップ (IGBT素子2) が配置されている部分の裏側になる部分に当たる位置にノズル18を配置する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の半導体チップがモジュール基板の一方の面に接合された絶縁層に半田付けされてなるモジュールと、前記モジュール基板の他方の面に結合され該他方の面に直接、冷媒を接触させる冷媒室を備えたヒートシンクとを含んで形成され、前記冷媒で前記モジュールを冷却するように構成された半導体装置において、前記ヒートシンクの冷媒室に冷媒を循環させるポンプが設けられ、前記冷媒はこのポンプに加圧されて前記モジュール基板の他方の面に沿って流れつつモジュールを冷却することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の半導体装置において、前記モジュール基板の他方の面に、冷媒が流れる方向に沿うように冷却フィンの列を設けたことを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の半導体装置において、前記ヒートシンクは冷媒の噴流を半導体チップの接合位置に対応する位置のモジュール基板の他方の面に衝突させるものであることを特徴とする半導体装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の半導体装置において、ヒートシンクが、冷媒室と、この冷媒室に冷媒室壁面を隔てて隣接する冷媒流路と、該冷媒流路に冷媒を流入させる冷媒流入口と、前記冷媒室壁面に前記冷媒室と冷媒流路とを連通して配置され噴流孔からの冷媒の噴流を半導体チップの接合位置に対応する位置のモジュール基板の他方の面に衝突させるノズルと、を設けたことを特徴とする半導体装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の半導体装置において、ノズルに複数の噴流孔が形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】 請求項 1 に記載の半導体装置において、冷媒室の中に冷媒の流れに交差するように突起を配置し、該突起の位置は、突起後流側に生じる流れの乱れの位置が半導体チップの接合位置に対応する位置のモジュール基板の他方の面となる位置であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の半導体装置において、突起をヒートシンクを構成するケーシングに取り付けて、突起を冷媒の流れの中に突き出るように形成したことを特徴とする半導体装置。

【請求項 8】 請求項 1 に記載の半導体装置において、ヒートシンクを構成する材質をプラスチックとしたことを特徴とする半導体装置。

【請求項 9】 請求項 1 に記載の半導体装置において、モジュール基板とヒートシンクの結合部のシール構成を Oリングで行い、モジュール基板とヒートシンクの 4 隅に設置したボルト、ナットで両者が締結されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 10】 請求項 1 に記載の半導体装置において、絶縁層の材質を A I N、モジュール基板の材質を M

o としたことを特徴とする半導体装置。

【請求項 11】 請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の半導体装置において、モジュール基板が絶縁層を兼ねていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 12】 請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載の半導体装置において、前記ヒートシンク冷媒流出口に接続され冷媒の熱を放出する熱交換器と、この熱交換器出口側に接続された冷媒容器と、この冷媒容器に接続され冷媒を加圧するポンプとを含んで構成され、前記ポンプの吐出口が前記ヒートシンク冷媒流入口に接続されていることを特徴とする半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体装置に係り、特に大電力用の半導体チップを用いた半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の装置は、例えば特願平 4 - 1 7 6 4 9 7 号に記載のような構造を有していた。モジュール基板に絶縁層を形成し、その上に大電力半導体素子である I G B T 素子を複数個配置して、I G B T モジュールを形成する。この I G B T 素子は、大電力半導体が運転されると発熱するので、冷却しなければならない。一般に I G B T 素子の許容温度は 1 0 0 ~ 1 5 0 ℃とされている。冷却装置は効率良く冷却するためにヒートシンクとモジュール基板の間に熱伝導グリースを介在させる。ヒートシンクは例えばアルミブロックの中に水を冷媒とするパイプが挿入されており I G B T 素子で発生した熱はモジュール基板、熱伝導グリース、そしてアルミブロックに伝えられ、冷媒である水に伝熱される。水はポンプで循環され、ラジエータを介して空気側へ熱が運ばれる場合、あるいはアルミブロックへ挿入されたパイプがヒートパイプを形成しており水の蒸発、凝縮を用いて空気へ伝熱される場合などがある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 前記従来技術は、I G B T 素子などの半導体チップから、例えば冷媒である水や不凍液に熱が伝えられる場合の熱の輸送に対する考慮が不十分であり、半導体チップの温度が許容値を越えて高くなり、半導体チップの寿命が短くなりやすいという問題があった。半導体チップ、絶縁層、モジュール基板は一般に半田あるいはロー付により接合されている。半導体チップが発熱すると、それぞれ温度が上昇し、熱膨張するわけであるが、熱膨張によるそれぞれの伸びが大きく異なると破損を招く恐れがあるため、線膨張係数をできるだけあわせるようにしている。例えば半導体チップの材質が、一般に Si (シリコン) である場合が多く、その時、絶縁層には A I N (チツ化アルミ) などが用いられる。そして、モジュール基板の材質は熱を伝えやすくしたい場合は銅が用いられるが、線膨張係数を合

わせようとするモ（モリブデン）などが用いられる。しかも熱膨張差に基づいて生じる応力である熱応力をできるだけ小さくするために、モリブデンなども薄くする必要がある。

【0004】一般にAlN、MoなどのようにSiに近い線膨張係数をもつ材質は、熱の伝わりやすさを表す熱伝導率が銅などの良熱伝導体に比べると非常に小さい。従ってIGBT素子で熱が発生した場合、絶縁層及びモジュール基板では熱があまり拡がらない。つまりIGBT素子の占有面積で発熱した熱は、モジュール基板を通過する時もIGBT素子の占有面積とほぼ同じ面積のモジュール基板を通過する。しかも従来技術の場合、この熱は熱伝導グリースを通過し、次いでアルミブロックへ伝えられ、最後に冷媒である水へと伝熱される。熱伝導グリースもグリースの中では良熱伝導体に属するがその熱伝導率は銅などに比べると非常に小さい。また、アルミ材も銅よりも熱伝導率が小さい。つまりIGBT素子で発生した熱はあまり拡大されることなく冷媒である水に伝えられるわけである。伝熱面積が拡大されないため、伝熱性能が悪く冷媒の温度がある一定値に定められると、IGBT素子の温度が高くなってしまい、IGBT素子の許容値を越えてしまい破損を招く恐れがある。逆に熱の伝わりを良くするために、モジュール基板を銅などにすると線膨張係数がIGBT素子を形成する材質であるSiと違いすぎ、熱応力が大きくなってモジュールの破損を招く恐れが生じる。

【0005】また、特開平7-176662号公報には、半導体素子を冷媒に浸して冷却する例が開示されている。しかしこの方法では、冷媒と半導体素子の間には自然対流による流れしかなく、熱除去の効率が十分ではなかった。

【0006】本発明の目的は、絶縁層、モジュール基板の線膨張係数をSiとできるだけ近い値の材質に保ちつつ、しかも半導体チップ温度を低くおさえて、半導体装置の信頼性を高め、寿命を長くするにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の課題を達成するために、本発明は、伝熱性能の向上を図るために熱伝導グリース、及びアルミブロックを設けず、モジュール基板の絶縁層が設けられた面ではない他方の面へ直接接するように、ポンプで加圧された冷媒を強制的な流れとして流す構造とする。モジュール基板に沿って冷媒を強制的に流すことにより、モジュール基板から冷媒への熱伝達率が向上する。さらに半導体チップの配列に対応した位置のモジュール基板の面積部の伝熱性能が向上するように冷媒を流す構造とする。

【0008】半導体チップの配列に対応した位置のモジュール基板の面積部の伝熱性能を向上させる手段として、半導体チップ（例えばIGBT素子）が設置されていない領域のモジュール基板部には、冷媒を流す量を少

なくする構造とし、冷却を必要とする面積部（半導体チップが設置されている領域のモジュール基板部）に多量の冷媒を流す。

【0009】上記の課題は、モジュール基板の冷媒流れに接する面に、冷媒流れに沿う方向に並ぶ冷却フィンを設けて伝熱促進を図ることによっても達成される。

【0010】上記の課題はまた、噴流機構を用いて半導体チップの設置領域に対応したモジュール基板領域に冷媒の噴流を衝突させて伝熱促進を図ることによっても達成される。この場合、一つの半導体チップの設置領域に対応するモジュール基板領域に衝突させる冷媒流は、複数の噴流孔から噴出されるものとしてもよい。また、モジュール基板に当たった冷媒流の流れに沿う方向、例えば放射状に、モジュール基板に冷却フィンを設けてもよい。

【0011】上記の課題はまた、冷媒流れのなかに冷媒流れに交差する突起を配置し、この突起に起因する流れの乱れが半導体チップの設置領域に対応したモジュール基板領域で生ずるように前記突起の位置を設定することによっても達成される。この場合、突起の形状は、その後流の前記基板領域に接する部分に渦や流れの乱れを生じさせるものであればよい。

【0012】モジュール基板の半導体チップの設置領域に対応した領域とヒートシンクとの間の伝熱促進を図ることによって、冷媒の温度が一定の値に設定されても半導体チップ温度を低く抑え、半導体モジュール（例えばIGBTモジュール）を構成する絶縁層及びモジュール基板の材質を、半導体チップのシリコンの熱伝導率にできるだけ近い熱伝導率を持つものを選択できるようにして半導体チップ及びモジュールの信頼性を高める。

【0013】半導体チップで発生した熱は絶縁層、モジュール基板を通過して、次に直接冷媒に伝達されるから、モジュール基板と冷媒が流れるヒートシンクとの間に熱伝導グリースなどが介在する場合に比べると冷却性能が向上する。従って、冷却性能が向上した分だけ、例えば絶縁層やモジュール基板を構成する材料の熱伝導率を小さくすることができる。半導体チップは一般にSiで作られ、Siの線膨張係数は良熱伝導体である銅などに比べて小さい。従って、絶縁層やモジュール基板の材質をSiと同程度の線膨張係数を有するAlN、Moにしたいわけであるが、AlN、Moの熱伝導率は良熱伝導体である銅に比べて小さく、上述のような伝熱促進があってはじめてAlN、Moを絶縁層やモジュール基板に用いることが可能となる。このように冷却効率のよいヒートシンクを用いることで熱応力を小さくでき、上記課題を解決することができる。

【0014】IGBT素子の配列に対応するIGBT基板面以外の伝熱面には、冷媒を流さないようにすると、その分、IGBT素子の配列に対応するIGBT基板面上に多量の冷媒を流すことが可能となり、熱伝達が促進

される。モジュール基板にフィンを備えると伝熱面積が増加するため熱伝達が促進される。

【0015】モジュール基板面に突起を近づける構造にすると冷媒の流れがこの突起に衝突して、突起後流側の流れが乱れ、モジュール基板面と冷媒との間の熱伝達が促進される。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図により説明する。図13に本発明の第1の実施例である半導体装置の全体構成を示す。図示の装置は、IGBTモジュール9と、前記モジュール9に結合されたヒートシンク10と、ヒートシンク10の冷媒流出口20に冷媒循環配管34Aで接続され冷媒の熱を放出する放熱器40と、放熱器40の冷媒出口に冷媒循環配管34Bで接続され冷媒を一時貯溜する冷媒容器50と、冷媒容器50の冷媒出口に冷媒循環配管34Cで接続され冷媒を加圧して吐出するポンプ60と、ポンプ60の吐出口とヒートシンク10の冷媒流入口19を接続する冷媒循環配管34Dと、を含んで構成されている。

【0017】図1は本発明の第1の実施例の部分の断面図である。図示の装置は、モジュール基板6の一方の面に絶縁層1を介して配置された複数個（図1では4個）のIGBT素子2と複数個のダイオードチップ3（図1ではダイオードチップ3はIGBTチップ2の向う側にあるため見えていない）を有してなるIGBTモジュール9と、前記モジュール基板6の他方の面に接して配置されたヒートシンク10と、IGBTモジュール9とヒートシンク10とを締結するボルト15及びナット17と、で構成されている。

【0018】IGBTモジュール9は、モジュール基板6と、このモジュール基板6の一方の面に形成された絶縁層1と、この絶縁層1の表面の複数個所に部分的に形成された金属膜4a、4bと、金属膜4a上に半田5で接合されたIGBT素子2とダイオードチップ3と、モジュール基板6の絶縁層1が形成されている側の面の周囲を囲んで配置され、前記IGBT素子2とダイオードチップ3よりも高い金属性の枠8と、この枠8内にIGBT素子2の周りをモールドする形で封入された樹脂7と、を含んで構成されている。

【0019】これらの半導体チップ（IGBT素子2とダイオードチップ3）を電気的に接続して、大電流のインバータ装置のU相の出力のための回路部分を構成している。同様な構成によりV相、W相のための回路部分が構成され、これらを並置することにより、3相インバータ装置の主要部分を構成している。絶縁層1のIGBT素子2と反対側の面は、モジュール基板6と接合されている。IGBT素子2の周りは湿気を防ぐために樹脂7でモールドされている。樹脂7は剛性を保つように金属性のワク8内にモールドされる形で封入されている。

【0020】一方、モジュール基板6のIGBT素子2

が配置されていない反対の面側にはヒートシンク10が配置される。ヒートシンク10は、モジュール基板6のIGBT素子2が配置されていない反対側の面の周縁にその周壁を接しモジュール基板6との間に冷媒室11を形成する第1ケーシング22Aと、第1ケーシング22Aの冷媒室11と反対側の面の周縁にその周壁を接し第1ケーシング22Aとの間に冷媒流路12を形成する第2ケーシング22Bと、前記第1ケーシング22Aに取り付けられて冷媒室11と冷媒流路12を連通するノズル18と、前記第2ケーシング22Bの周壁に取り付けられた冷媒流入口19と、前記第1ケーシング22Aの周壁に取り付けられた冷媒流出口20と、を含んで構成されている。第1ケーシング22A、第2ケーシング22Bはいずれも金属製であるが、耐腐食性の優れたプラスチックで構成してもよい。

【0021】第1ケーシング22Aの周壁のモジュール基板6に接する面、第2ケーシング22Bの周壁の第1ケーシング22Aに接する面には、それぞれループ状に連続した溝13a、13bが形成されており、溝内にはリング14a、14bが装着されて第1ケーシング22Aの周壁とモジュール基板6の間、第2ケーシング22Bの周壁と第1ケーシング22Aの間を、それぞれ水密にシールしている。また、第1ケーシング22Aに取り付けられて冷媒室11と冷媒流路12を連通するノズル18は、モジュール基板6のIGBT素子2とダイオードチップ3が設置されている位置の裏側に対向する位置に配置され、ノズル18の噴流孔24から噴出する冷媒がモジュール基板6の面に当たるようになっている。

【0022】IGBTモジュール9の枠8とヒートシンク10の4隅には、ボルト15を挿入する孔16が設けられ、ボルト15、ナット17でIGBTモジュール9と第2ケーシング22Bの間に第1ケーシング22Aを挟んでそれらの4隅を締めつけることによりリング14a、14bがつぶされて、冷媒室11、冷媒流路12から冷媒が外部に漏れない構造としてある。

【0023】ポンプ60で加圧された冷媒は冷媒循環配管34Dを経て冷媒流入口19から冷媒流路12に流入（矢印21a）する。冷媒流路12に入って冷媒は、各ノズル18を通過して冷媒室11に噴出され、IGBT素子2及びダイオードチップ3の配列に対応した位置のモジュール基板6の面に衝突し、モジュール基板6の面から熱を奪ったのち冷媒流出口20から冷媒循環配管34Aを経てヒートシンク10外へ流出する（矢印21b）。ヒートシンク10外へ流出した冷媒は放熱器40に導かれ、モジュール基板6から奪った熱を放出する。熱を放出した冷媒は冷媒循環配管34Bを経て冷媒容器50に導かれて一時貯溜される。冷媒容器50内の冷媒は冷媒循環配管34Cを経てポンプ60に吸引され、加圧されたのち冷媒循環配管34D、冷媒流入口19を経て冷媒流路12に送りこまれ、上記サイクルを繰り返

ず。

【0024】IGBT素子2の材質は一般にSi、絶縁層1の材質はAlN、モジュール基板6の材質はMoあるいは銅、冷媒は水に代表される一般の液体である。冷媒は例えば不凍液でもよい。図1の実施例では、絶縁層1とモジュール基板6が設置されているが、絶縁層1を兼ねたモジュール基板6としてもよい。ノズル18はひとつの噴流孔24を有したパイプ状になっており、冷媒室11と冷媒流路12を隔てる第1ケーシング22Aにネジ構造などで挿入され固定されている。

【0025】上述の構造にすることにより、冷媒流入口19から冷媒流路12に流入した冷媒がノズル18を経て冷媒室11に噴出し、この噴流が、IGBT素子2の配列に対応した位置のモジュール基板6の面に衝突する。衝突噴流による冷却効果は非常に高い。従って絶縁層1、モジュール基板6が、AlN、Moなどのように熱伝導率が小さくて熱の拡がりがない材質の場合でも、モジュール基板6から冷媒への熱の伝わり方が非常に良好なため、IGBT素子2が発熱した場合でも素子温度を許容値以下に押さえることが可能となる。また絶縁層1、モジュール基板6にIGBT素子2の材質Siと同じ程度の線膨張係数であるAlN、Moの使用が可能となり、熱応力を小さくできてIGBT素子2及びIGBTモジュール9の信頼性を高めることができる。図2に冷媒室11の冷媒の流れを模式的に示す。図2では、冷媒流入口19と冷媒流出口20は、ヒートシンク10の互いに対向した面に設けられているが、冷媒流入方向と冷媒流出方向は同方向である必要はなく、一方が他方に対して例えば90度や180度の方向であってもかまわない。

【0026】なお、図1に示す実施例では、ノズル18は、噴出する冷媒流がほぼ垂直にモジュール基板6の面に当たるように、噴流孔24の軸線をモジュール基板6の面にほぼ垂直にして配置されているが、かならずしも垂直である必要はなく、ある程度傾けてもよい。要は冷媒が早い速度で、かつ乱流状態でモジュール基板6の面に沿って流れるようにすればよい。但し、ノズル18を傾ける場合は、冷媒流出口20に向かって傾け、ノズル18の軸線とモジュール基板6の面の交点を、IGBT素子2の配置位置の中心から冷媒流出口20から離れる方向にずらしておくのが望ましい。また、ノズル18を傾けた場合は、冷媒流路12への冷媒流入方向は、冷媒室11からの冷媒流出方向と同方向としておくのが好ましい。

【0027】さらに、図1の実施例では、モジュール基板6の冷媒流が当たる面は平らであるが、この面に放射状のフィンや溝を付けたり、凹凸を付けて伝熱面積の増加を図るようにしてもよい。

【0028】図3は本発明の第2の実施例の部分を示す断面図である。本実施例と前記第1の実施例の相違点

は、本実施例においては、絶縁層1及びモジュール基板6の中央部を押さえるように、枠8上端に押さえ板23が設置されていることである。他の構成は第1の実施例と同じなので説明を省略する。押さえ板23は、前記ボルト15及びナット17で前記枠8の上端に樹脂7を覆うように固定される横板23Aと、この横板23Aのほぼ中央部に絶縁層1に対してほぼ垂直になるように固着された縦板23Bとからなり、縦板23Bの下端（絶縁層1側の端部、以下同じ）は絶縁層1に当接している。横板23Aは樹脂7側が凹になるような変形に対する抵抗が大きくなる材質形状、板厚としてある。

【0029】冷媒室11、冷媒流路12内には冷媒が満たされており、これらの冷媒は、循環させるために、ポンプなどで加圧されている。一方、絶縁層1、モジュール基板6は、熱応力を小さくするためにできるだけ薄くしたい。従って絶縁層1、モジュール基板6は、IGBT素子2側に凸になるように変形しやすくなる。前述のような構成の押さえ板23を設置することで、この変形が抑制され、IGBTモジュール9の信頼性が高まる。

【0030】図4は本発明の第3の実施例の部分を示す断面図である。本実施例が前記第2の実施例と異なるのは、第1ケーシング22Aと第2ケーシング22Bが一体で構成されたケーシング22となり、リング挿入用の溝及びリングは第1ケーシング22Aに形成された溝13aとこの溝13aに装着されるリング14aのみとなっている点である。従ってノズル18は冷媒室11側から第1ケーシング22Aに挿入する構造となっている。他の構成は第2の実施例と同じなので説明を省略する。

【0031】このような構造にすることによりリングによるシール個所を減らすことが可能となり、水、すなわち冷媒が漏れる要因を減らすことができ、冷却装置の信頼性が高まる。

【0032】図5は本発明の第4の実施例の部分を示す断面図である。本実施例が前記第1～3の実施例と異なるのは、前記第1～3の実施例で各ノズル18に形成された噴流孔24が1個だったのに対し、本実施例では各ノズル18にそれぞれ9個の噴流孔24が形成されている点である。他の構成要素は前記第1～3の実施例と同じであり、説明は省略する。

【0033】図5は、IGBT素子2と、IGBT素子2が設置されている位置のモジュール基板6に相対するノズル18を拡大して示している。ノズル18には複数個（図5では正方形に $3 \times 3 = 9$ 個）の噴流孔24が設けられている。噴流孔24で形成される噴流が当たるモジュール基板6の領域が、IGBT素子2が設置されている位置の金属膜の領域よりも大きくなるように、噴流孔24を正方形に配置された複数の噴流孔24で構成してある。今までの説明では絶縁層1及びモジュール基板6では熱の拡大（面内での拡大）はないと述べたが、厳

密には矢印25、26で示すようにわずかながらの拡大はある。そこでノズル18の噴流27が当たるモジュール基板6の範囲を、IGBT素子2の面積よりも少し大きめにした方が、冷却効率が高められる。我々の実験では約1.5倍大きめにすると効果的であった。

【0034】図6は、噴流孔24が1個の場合と、9個の場合について、IGBT素子の各位置に対応するモジュール基板6の各位置での冷却性能分布を模式的に示したものである。図6(a)が噴流孔が1個の場合で、IGBT素子の中央に相当する部分の冷却性能は良いがIGBT素子の端部になると冷却性能が劣化する。図6

(b)は噴流孔が複数個(図6では9個の場合で、3個づつ3列に正方形をなして配列)の場合で、IGBT素子の幅全体にわたって冷却性能が均一化されている。このようにして冷却効率を高められるばかりでなく、IGBT素子2内の温度分布を均一にでき、部分的に高温になるのを防いでIGBT素子2の破損原因を減ずることができる。

【0035】図7、図8は本発明の第5の実施例の部分を示す断面図である。本実施例と前記図4に示した第3の実施例との相違点は、モジュール基板6の冷媒室11に接する側の面に複数列のフィン28が形成され、ケーシング22に代えて冷媒流路12もノズル18も共に有しない流路ケーシング33が装着されている点である。また、本実施例においては、冷媒流入口19と冷媒流出口20は流路ケーシング33の互いに対向する周壁に形成され、フィン28の列は、冷媒流入口19から冷媒流出口20に向かう方向を長手方向として並ぶ。フィン28は、モジュール基板6のIGBT素子2が設置されている領域に対応する部分よりもやや広い範囲に形成され、冷媒流れ方向には連続したフィンとして形成されている。フィン28の存在によりモジュール基板6の伝熱面積を拡大でき、モジュール基板6から冷媒への熱伝達効率を高めることができる。また、冷媒が流れるスペースが冷媒室11のみになり、冷媒流路12を設ける必要がないので、冷却装置(ヒートシンク10)を薄くできる。さらにフィン28によりモジュール基板6の剛性が強化され、変形が少なくなる。

【0036】図9、図10は本発明の第6の実施例の部分を示す断面図である。本実施例が前記第5の実施例と異なるのは、モジュール基板6にはフィン28が設けられておらず平らであり、流路ケーシング33に代わる流路ケーシング29の冷媒室11に突起30が形成されている点である。他の構成は前記第5の実施例と同じであり、説明を省略する。流路ケーシング29の、IGBT素子2の位置に対応しない部分には、肉厚部32a、32bが形成され、その部分には冷媒室11は形成されないようになっている。このため冷媒室11は、冷媒流入口19に接する部分と冷媒流出口20に接する部分の間では、IGBT素子2に対応する流路ケーシング29の

部分の間に形成された肉厚部32aによって分断され、冷媒は複数の異なる流路を流れる。この流路はいずれも、冷媒流入口19と冷媒流出口20を結ぶ線にほぼ平行となっている。さらに、これらの流路ごとに、各IGBT素子2に対応する部分の上流側に円柱状の突起30が冷媒室11に突出するようにモジュール基板6の下面(冷媒室11に接する面)に垂直をなして流路ケーシング29に植立されている。

【0037】流路ケーシング29のモジュール基板6と接する面には、リング14aを挿入する溝13aが備えられる。前記円柱状の突起30は、流路ケーシング29にネジ止めで固定する構造でよい。突起30の長さは、IGBTモジュール9とヒートシンク10をボルトナット15、17で締めつけたとき、突起30がモジュール基板6に当たらない程度内で十分に長くするのが望ましい。突起30を設置する位置は、冷媒の流れ方向にほぼ平行する面での断面図である図10に示されるように、IGBT素子2に相対する位置よりも冷媒流入口19側とし、冷媒の流れ方向に90°直交する方向から見た断面図である図9では、IGBT素子2に対応するモジュール基板6に相対する位置とする。このようにすることにより図11に示すように突起30の後流に流れの乱れ31が生じ、モジュール基板6と冷媒との間の熱交換が促進される。乱れの生じる位置とIGBT素子の位置が同じになるように、突起30の設置位置をIGBT素子よりも流れの前方側にくるようにする。

【0038】また、図9、図10においては、円柱状の突起30はその軸線がモジュール基板6の面に対して垂直になるように配置されているが、上流側、あるいは下流側に傾斜させて配置してもよい。また、突起30の形状は、モジュール基板6の面に平行な面での断面形状が、流線形でない他の断面形状のものであれば、円柱状でなく、例えば角柱状のものでもよい。

【0039】さらに冷媒がモジュール基板6に接する部分はIGBT素子2に相対する部分のみとするように、流路ケーシング29には肉厚部32a、32bが設けられている。このように構成することにより、同じ冷媒流量を流す場合でもIGBT素子2に相対するモジュール基板6部分の冷媒流速を速くでき、その分冷却効率が高められる。図12に冷媒の流れを模式的に示す。

【0040】ヒートシンク10を構成する材質は、前述のごとく一般に銅、アルミニウムなどであるがプラスチックなどで構成して冷却装置の軽量化を図ることも重要である。

【0041】

【発明の効果】本発明によれば、IGBTモジュールをヒートシンクで冷却する場合において、ヒートシンク内を流れる冷媒が、直接、モジュール基板に噴出されて衝突して冷却する。そのため、冷却性能が向上する。さらに、モジュール基板に冷却用フィンを設けたり、ヒート



シンクを2重室構造にして、IGBT素子に相対するモジュール基板面に冷媒の噴流を衝突させたりあるいはヒートシンクの流路ケーシングに突起を設けて、突起後流に冷媒流の乱れ（乱流）を発生させるので、IGBT素子に相対するモジュール基板面から冷媒への熱伝導が促進されて冷却効率が高められる。これで半導体チップ（IGBT素子やダイオードチップ）を良好に冷却できるため、半導体チップの高寿命化を図ることが可能となる。さらに、半導体チップが配設される絶縁層及びモジュール基板を、Si（シリコン）で構成される半導体チップと同程度の線膨張係数を有するAlN、Moなどで構成することにより、熱応力を小さくして高寿命化を図ることができるが、この場合も、AlN、Moなどは熱伝導率が小さく、熱の拡がり方が悪いので、モジュール基板のIGBT素子に相対する面を効率良く冷却する必要があり、上述の冷媒を直接モジュール基板に噴出、衝突させて効率良く冷却する構造であってこそ実現できるものである。

【0042】さらに、ヒートシンクを耐腐食性の優れたプラスチックで構成することも可能であり、これにより冷却装置の軽量化を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の断面図である。

【図2】図1に示す実施例における冷媒の流れを模式的に示す平面図である。

【図3】本発明の第2の実施例の断面図である。

【図4】本発明の第3の実施例の断面図である。

【図5】本発明の第4の実施例の部分拡大して示す断面図である。

【図6】図1、図5に示す実施例の冷却特性を示す概念図である。

【図7】本発明の第5の実施例の断面図である。

【図8】図7のA-A線矢視断面図である。

【図9】本発明の第6の実施例の断面図である。

【図10】図9のB-B線矢視断面図である。

【図11】本発明の第6の実施例の作用を説明する概念図である。

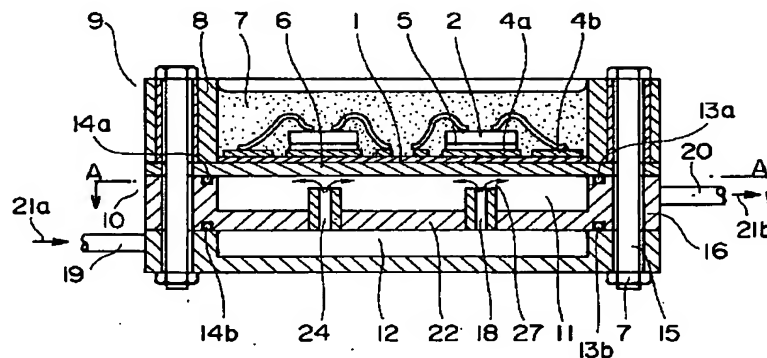
【図12】図9に示す実施例における冷媒の流れを模式的に示す平面図である。

【図13】本発明の実施例の全体構成を示す系統図である。

#### 【符号の説明】

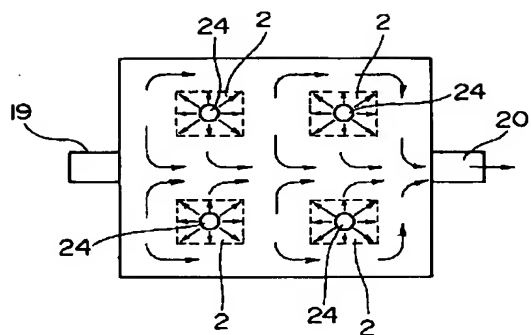
1 絶縁層	2 IGBT素子
3 ダイオードチップ	4a、4b 金属膜
5 半田	6 モジュール基板
7 樹脂	8 枠
9 IGBTモジュール	10 ヒートシンク
11 冷媒室	12 冷媒流路
13a、13b 溝	14a、14b Oリング
15 ボルト	16 孔
17 ナット	18 ノズル
19 冷媒流入入口	20 冷媒流出口
21a、21b 矢印	22 ケーシング
22A 第1ケーシング	22B 第2ケーシング
23 押さえ板	23A 横板
23B 縦板	24 噴流孔
25 矢印	26 矢印
27 噴流	28 フィン
29 流路ケーシング	30 突起
31 乱れ	32a、32b 肉厚部
33 流路ケーシング	34A～34D 冷媒循環配管
40 放熱器	50 冷媒容器
60 ポンプ	

【図1】

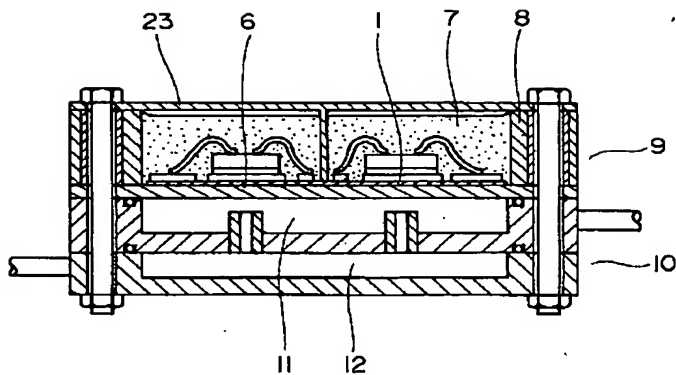




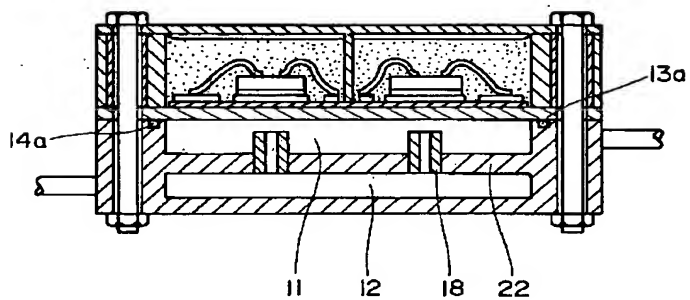
【図2】



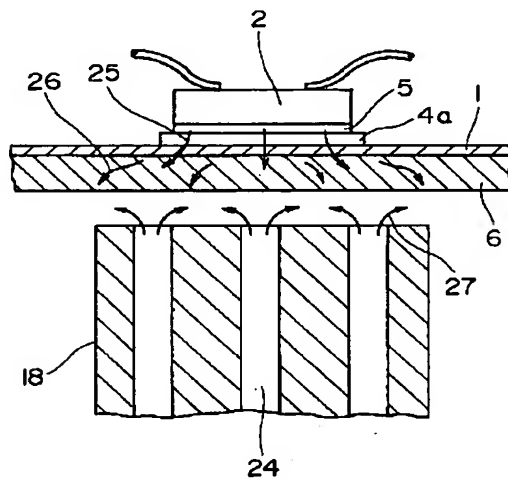
【図3】



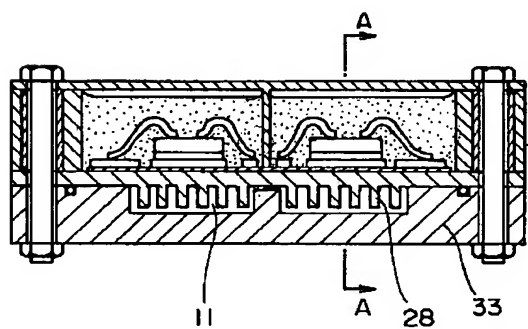
【図4】



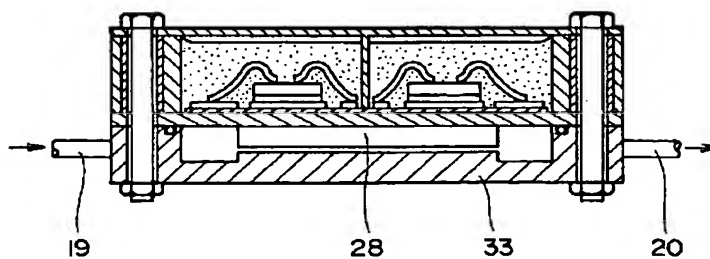
【図5】



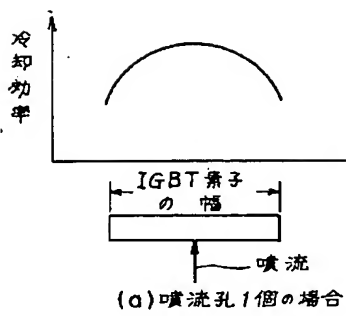
【図7】



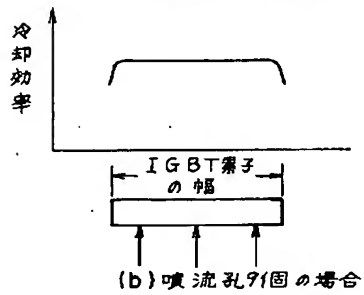
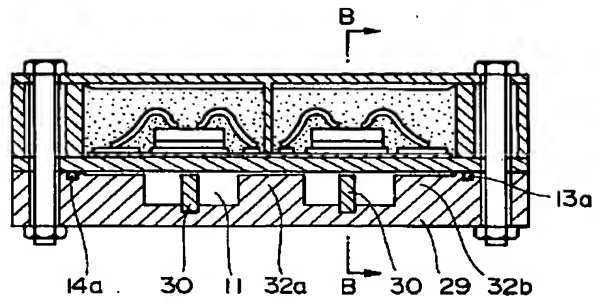
【図8】



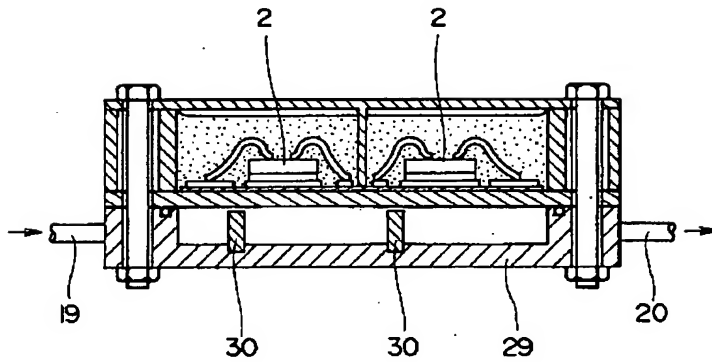
【図6】



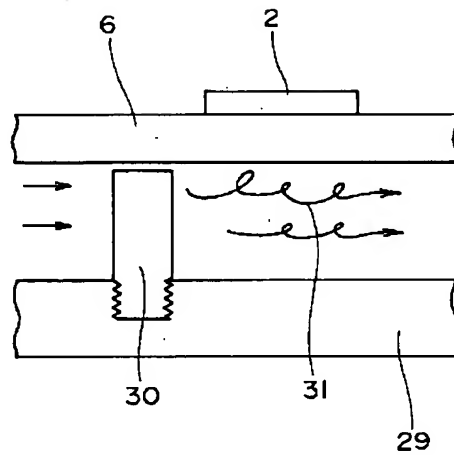
【図9】



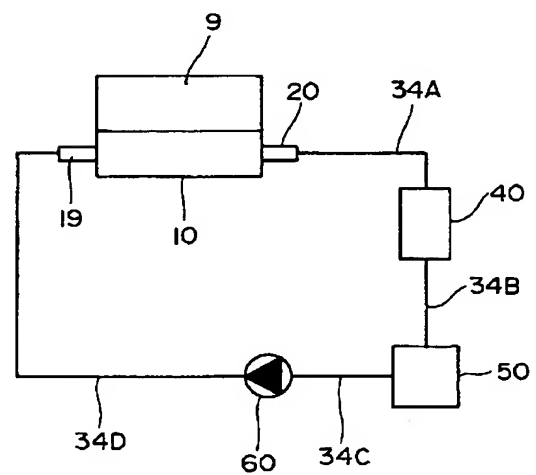
【図10】



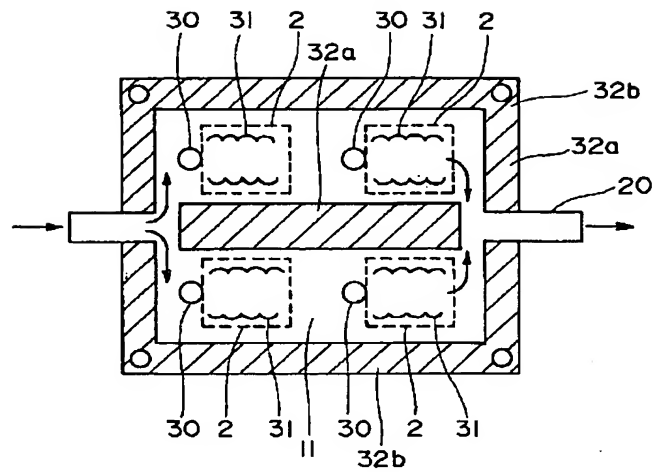
【図11】



【図13】



【図12】



フロントページの続き

(72) 発明者 八幡 光一  
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株  
式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72) 発明者 藤枝 信男  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内